

차량 운전습관 및 고장이력에 따른 AI 고장 진단 시스템에 관한 연구

이민정, 김영섭, 최원현, 김진호*

경남대학교

goodsaram7@naver.com, kimyeongseob@gmail.com,

zmdmths@student.kyungnam.ac.kr, *kimjh@kyungnam.ac.kr

A Study on the AI fault diagnosis system according to vehicle driving habits and fault history

Min Jeong Lee, Yeong Seob Kim, Won Heon Choi, Jin Ho Kim*

Kyungnam Univ.

요 약

운전자의 운전 습관 및 주행 환경에 따라 차량 부품 교체 주기, 고장 유형 및 발생 빈도가 다르게 나타난다. 따라서 차량별 주행 및 고장 이력, 운전 습관에 의한 고장 유형 정보 등이 기록된 차량 센서 및 ECU 신호 값을 수집하기 위해서 차량 내 엡지 컴퓨팅 기술을 도입하여 데이터 수집 및 저장, 인공지능 모델 학습 및 진단 등을 차량 내 엡지 단에서 수행하며 그 결과를 실시간으로 받을 수 있는 시스템을 제안한다. 이 시스템은 개별 차량과 운전자의 운전 습관에 최적화된 차량 고장 진단 시스템으로 운전자의 나쁜 운전 습관 개선 및 사고 예방을 통해서 연비를 높이고 유지보수 및 인명 피해를 줄일 수 있을 것이다. 실험은 실제 차량에서 정상 및 고장 데이터를 수집하였으며 이를 통한 AI 차량 고장 진단 모델을 생성하였다. 생성된 모델 검증 결과는 100%의 정확도를 보였다.

1. 서 론

현재의 자동차는 친환경, 고출력, 고연비, 편의성 등 다양한 요구를 만족시키기 위하여 센서 및 액추에이터 등 차량에 탑재되는 전자제어장치(Electronic Control Unit)의 개수가 증가하고 있으며 이에 따라 차량 전기·전자 아키텍처가 복잡해지고 있다. 이렇게 차량의 복잡한 전기·전자 아키텍처는 주행 중 시동 꺼짐, 엔진 부조, 엔진 경고등 점등 등 다양한 형태로 고장 현상이 발생한다. 운전자가 고장을 인지하지 못하고 차량 운행이 지속된다면 치명적인 결과로 이어질 수 있다. 따라서 이를 미리 방지하기 위해 차량 주행 데이터를 기반으로 차량 내 센서 및 ECU의 고장 진단 기능이 필요하다.

차량 고장 이유는 불량 부품, 오랜 사용에 따른 노후 및 마모, 운전 습관 등 여러 가지가 있다. 특히, 잦은 고장 주거나 고장 유형은 운전자의 주행 습관과 밀접한 관련이 있다. 주행 습관이 좋지 않으면 고장 주기가 빨라지고 발생 빈도가 높은 고장 유형이 생기게 되며 이러한 부분들은 차량 내 센서 및 ECU 신호 값에 반영된다. 운전 습관은 운전자 및 주행 환경에 따라 다르게 나타난다. 따라서 차량별 주행 이력 및 운전 습관을 반영한 고장 진단 및 예측이 필요하다.

차량을 빨리 망가뜨리는 운전 습관으로는 다음과 같다. 첫째, 급가속, 급제동과 같이 고회전 RPM을 자주 사용하면 엔진의 내부 부품들이 조기 마모되어 엔진 고장으로 이어질 수 있다. 둘째, 예열 과정을 생략하는 경우 엔진 내 오일 계통이 원활하게 순환되지 않아 엔진 노킹현상이 발생한다. 특히 외부 온도가 낮은 겨울철의 경우 냉각수 및 오일계통의 온도가 상승하기까지 평소보다 더 많은 시간이 소요되어 더 잦은 노킹현상이 발생할 수 있다.

셋째, 차량 정차 상태에서 운전대를 조작하는 것으로, 이는 타이어가 지면에 맞닿은 상태에서 강하게 마찰이 일어나 타이어 수명이 단축될 수 있다. 넷째, 주차 등 좁은 공간에서 차를 움직일 때 정차하지 않고 변속기를 급하게 조작하는 경우 변속기 자체에 큰 무리가 가고 출력축은 심각한 손상을 받는다. 다섯 번째, 요철 및 과속방지턱을 넘기 전에 충분히 속도를 줄이지 않으면 자동차에 충격을 주어 서스펜션에 크게 무리를 주거나 안개등이나 전조등이 나가기도 한다. 여섯 번째로 잘못된 주차 습관은 변속기를 망가뜨린다. 브레이크를 밟은 상태에서 사이드브레이크를 당기고 변속기 D를 P로 변속해야 한다. 기타 고장을 유발하는 습관에는 엔진오일 교체 주기가 늦거나 워셔액을 충분히 채워 넣지 않거나 연료필터 교체를 놓치거나 사이드브레이크를 최고로 잡아당기는 등이 있다. 고장을 일으키는 운전 습관과 그에 따른 고장 유형을 안다면 운전 습관 개선만으로도 사고율을 낮추고 연비를 높일 수 있다.[1, 2]

차량의 운전 습관, 고장 및 수리 이력을 반영하기 위해 차량에 엡지 컴퓨팅을 탑재하여 차량 자체적으로 데이터 수집 및 저장을 할 수 있도록 한다. 본 논문은 엡지 컴퓨팅을 차량에 탑재하고 수집된 데이터로 머신 러닝 모델 학습을 통해 개별 차량에 최적화된 모델을 생성하고 차량 고장 유형 진단 및 예측을 수행하는 AI 차량 고장 진단 시스템을 제안한다. 운전자 습관이 반영된 고장 진단 시스템으로 개별 차량에 최적화되어 운전 습관에 따른 고장 유형을 파악하여 나쁜 운전 습관을 개선하여 차량 연비를 높이며 차량 고장에 따른 사고를 방지함으로써 인명 피해도 줄일 수 있을 것이다. 2장에서는 관련 연구를 소개한다. 3장에서는 제안한 차량 AI 고장 진단 시스템을 소개한다. 그리고 실험을 통해 고장 유무를 판별하는 고장 진단 모델을 생성하고 검증한다.

II. 관련 연구

2.1 엣지 컴퓨팅

엣지 컴퓨팅은 응답 시간을 개선하고 대역폭을 절약하기 위해 필요한 곳에 연산과 데이터 스토리지를 도입하는 분산 컴퓨팅 패러다임 중 하나이다. 기존 중앙 집중식 연산 처리는 중앙 서버에서 처리해야 할 데이터를 전송하여 구축된 빅데이터를 기반으로 데이터 연산을 수행한다. 그러나 이러한 중앙 집중식 연산 처리는 여러 종단점으로부터 굉장히 많은 데이터를 수신함으로써 네트워크 대역폭에 따른 지연 현상이 필연적이다. 이를 해결하기 위한 방안으로 엣지 컴퓨팅을 통해 데이터 수집 및 처리를 종단점 근처에서 수행한다. 중앙 서버로 데이터를 전송할 필요 없이 데이터 처리 시간을 줄일 수 있다. 또한 차세대 무선 통신 기술인 5G 기반의 엣지 컴퓨팅은 새로운 서비스 도입의 핵심 인프라가 될 것이다. 현재 엣지에서 AI 연산을 수행하여 Cloud Computing을 보완하는 방향의 연구 및 개발도 활발히 진행되고 있다. 저지연 통신이 가능한 근접 위치에서 Cloud에 준하는 AI Computing 환경을 제공하는 엣지 컴퓨팅은 AI use case 확대에 중요한 역할을 할 것이다.[3]

2.2 SVM 알고리즘

SVM은 1996년 Vladimir Vapnik 등이 제안한 분류모델로, 분류 오차를 줄이면서 동시에 여백을 최대화 하는 결정 경계 또는 초평면(Hyperplane)을 찾는 학습을 한다. 분류되지 않은 점을 식(1)을 통해 초평면을 결정하여 그 직선을 기준으로 데이터를 분류한다. x 는 입력 벡터로 분류하고자 하는 데이터이며 w 는 가중치 벡터, b 는 편향을 나타낸다. w 와 b 는 초평면을 결정하는 값이다.[4]

$$w^T x + b = 0 \quad (1)$$

결정 경계로부터 가장 가까이에 있는 학습 데이터들을 서포트 벡터라고 한다. 초평면을 결정할 때 서포트 벡터를 이용한다. 서포트 벡터는 두 데이터 집단 사이를 분리하는 초평면으로부터 가장 가까이 있는 각 집단의 데이터들을 의미하며 수식(2)로 표현된다.[4]

$$\begin{aligned} w^T x + b &= +1, \text{ for } y_i = +1 \\ w^T x + b &= -1, \text{ for } y_i = -1 \end{aligned} \quad (2)$$

비선형적 특징을 가진 데이터를 분류하기 위해서는 커널 함수를 사용하여 다른 특징 공간으로 변환한 후 분리 문제를 해결할 수 있다. 커널 함수로는 linear, polynomial, sigmoid, RBF 함수 등이 있다.

III. 차량 AI 고장 진단 시스템

AI 기반 차량 고장 진단 시스템의 전체 구성도는 Fig. 1과 같다. 개별 차량에 최적화된 고장 진단 모델은 각 차량이 가진 주행 데이터를 수집하여 특징을 추출하기 위해 엣지 컴퓨팅 기술을 도입한다. 엣지 컴퓨팅 기술은 차량 내 ECU와 엣지 디바이스와의 인터페이스를 통해 직접적인 데이터 수집 및 저장을 수행한다. 엣지 디바이스로 수집된 데이터는 전처리, 고장 진단 모델 생성, 고장 진단 및 예측을 수행한다. 마지막으로 진단 결과는 차량 내 인포테인먼트 시스템에 차량 모니터링 기능을 제공하여 차량 상태 및 고장 유무 정보를 제공한다.

3.1 차량 데이터 수집 및 저장

차량 고장 진단을 위해서는 고장 발생 전, 고장 발생 후, 고장 수리 후, 다양한 고장 유형 등의 데이터가 필요하다. 특히, 차량 운전자의 습관에 따른 고장 유형을 판별하기 위해서는 오랜 시간 데이터 수집이 이루어져야 한다. 차량 주행 중 계속해서 데이터 수집 및 저장이 가능한 저장 장치로서의 역할을 하는 엣지 컴퓨팅이 필요하다. 오랜 시간 차량 내에서 수집

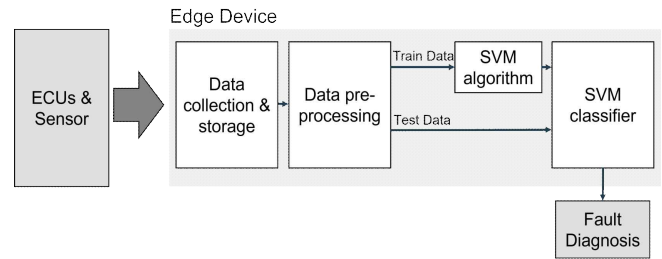


Fig. 1. Overall system configuration diagram

된 데이터는 차량별 ECU 및 센서 데이터에서 차량의 고장과 수리 이력뿐만 아니라 운전자의 운전 습관으로 인한 잦은 고장 유형도 파악이 될 것이다. 이러한 데이터들은 수집된 데이터의 차량에 최적화된 고장진단모델을 생성할 수 있도록 해준다.

본 연구에서는 고장 진단 판별을 위해 데이터 수집 장치를 Fig. 2와 같이 구성하여 주행 데이터를 수집 및 저장하였다. 차량 고장이 발생했을 때 수집한 데이터를 비정상 데이터로, 수리 후 수집한 데이터를 정상 데이터로 분류하였다. 운전 습관에 따른 고장 유형에 관한 모델 연구 및 개발에는 많은 데이터와 시간이 필요하다. 따라서 본 실험에서는 단순한 고장-정상 데이터를 수집하고 이를 머신러닝 알고리즘 학습에 활용하여 고장 진단 판별 모델 생성 및 진단 결과를 제시하였다.

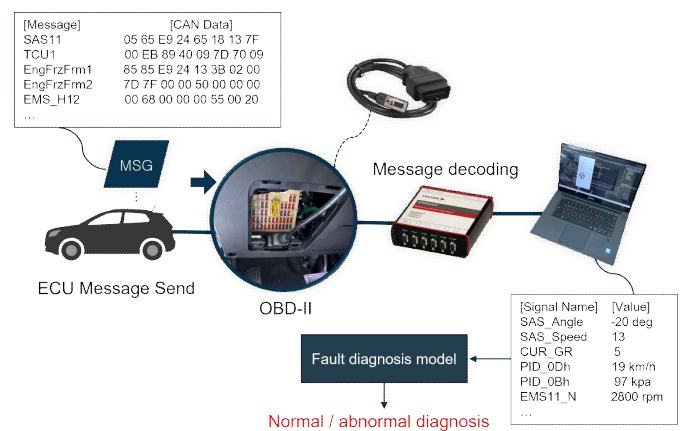


Fig. 2. In-vehicle data collecting devices

3.2 차량 고장 진단 모델 생성 및 성능 검증

수집된 데이터는 전처리 후 train data로 SVM 알고리즘을 통해 학습시킨 후 결과로 SVM Classifier로 생성되었고 test data로 SVM Classifier를 검증하였다.

(1) 데이터 전처리(Pre-processing)

차량 내 ECU 및 센서로부터 수집된 데이터는 다른 시간대에 측정된 신호의 평균값을 계산하여 특징값으로 사용하였고 여러개의 ECU중 EMS11 Message의 signals을 특징변수로 선택하였다.

선택한 특징 간의 연관성 강도를 측정, 이들 간의 상관도를 수치로 확인하여 불필요한 변수 제거를 통해 복잡한 연산을 줄일 수 있다. Fig. 3은 두 변수간의 연관성 강도를 측정한 결과이다. 수치가 클수록 상관관계가 강하며 한 변수를 제거할 수 있다

TQI와 TQLACOR의 상관계수는 1, TQFR과 TQI는 상관계수가 0.9로 높은 상관관계이다. 이들 변수들처럼 높은 상관관계를 갖는 경우, 한 변수

를 제거하여 데이터셋의 독립변수의 수를 줄였다.

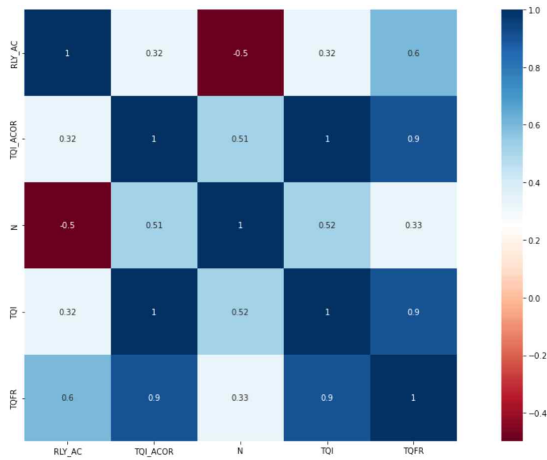


Fig. 3. Measurement of association between features

(2) SVM 알고리즘 학습을 통한 SVM Classifier 생성

다양한 머신 러닝 모델이 존재하며, 사용 목적과 입력 신호의 특징에 따라 정확도가 다르다. 본 실험에서는 SVM 알고리즘을 train data로 학습시켜 SVM Classifier를 생성했으며 test data로 성능을 검증했다. SVM의 하이퍼 파라미터를 조정하여 정확도를 높인다.

(3) 모델 성능 측정

머신러닝 모델 성능 평가 방법으로 분류와 회귀에 따라 종류가 나뉜다. 해당 모델은 정상, 고장유형에 대한 분류가 이루어지므로 분류의 성능 평가 지표로 오차행렬(ConfusionMatrix)을 활용한다. 성능 평가 지표로 정확도(Accuracy), 정밀도(Precision), 재현율(Recall), F1-Score을 사용한다. Table 1은 모델 성능 평가 결과이다.

Test Data로 차량고장진단모델(SVM classifier)을 검증한 결과 Accuracy는 100%로 정상과 고장을 정확하게 분류하였다.

Table 1. Performance of SVM classifier

	precision	recall	f1-score
normal(0)	1.00	1.00	1.00
abnormal(1)	1.00	1.00	1.00

IV. 결론

개별 차량과 운전 습관에 최적화된 차량 고장 진단 시스템을 개발하여 운전자의 습관 개선 및 사고 예방을 통해서 연비를 높이고 유지보수 및 사고로 인한 인명 피해를 줄일 수 있다.

개별 차량 주행 및 고장 이력, 운전 습관에 의한 고장 유형 등의 정보를 수집하기 위해서 차량 내 엣지 컴퓨팅 기술을 도입하여 데이터 수집 및 저장, 인공지능 모델 학습 및 진단 등을 차량 내 엣지 컴퓨팅에서 수행하며 그 결과를 실시간으로 받을 수 있는 시스템이다.

차량 운전 습관이나 고장 이력이 포함된 데이터 수집은 연구 중이며 본 실험을 위해서 기아 모닝 차종 내 수집 장치를 구성하여 데이터를 수집하였다. 실험 데이터로 차량 고장이 발생했을 때 수집한 데이터를 비정상 데이터로, 수리 후 수집한 데이터를 정상 데이터로 실험을 진행하였다. 수집된 데이터로 SVM 알고리즘을 학습시켜 고장 유무를 판별하는 고장진단 모델을 생성, 생성된 모델의 검증 결과는 100%의 정확도를 보였다.

ACKNOWLEDGMENT

This results was supported by the Korea Research Foundation with funding from the Korean government (Ministry of Science and ICT)(No. 2020R1G1A1015210) and the 'Regional Innovation Strategy (RIS)' through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education(MOE)(2021RIS-003).

참 고 문 헌

- [1] KCC AUTO, "Bad driving habits that break down my car" 2022, (<https://www.kccauto.co.kr>).
- [2] SSANGYONG ALLWAYS, "Is your driving habit red light? Is it a green light?," 2022, (<https://allways.smotor.com/>).
- [3] Kim D. N. and Lee D. K. "Edge Computing Technology Trends for AI" The Journal of The Korean Institute of Communication Sciences, pp. 28-34.
- [4] Jeong E. T. and Lee C. H." A Study on Disturbance Classification of Unmanned Vehicle Data Using SVM,"Journal of Institute of Control, Robotics and Systems, pp. 304-312.